

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS
ESPECIALIDAD EN SEGURIDAD ALIMENTARIA**



SARCOCYSTIOSIS EN CAMÉLIDOS

SUDAMERICANOS DOMÉSTICOS:

UNA PROPUESTA PARA SU PREVENCIÓN

AUTORA: LIC. CECILIA DECKER FRANCO
DIRECTORA: DRA. LOLA BURGOS
CO-DIRECTORA: DRA. NILDA RADMAN
FECHA: 05 de MARZO de 2015



LA PLATA – BUENOS AIRES - ARGENTINA

ÍNDICE GENERAL

	Página
1. Introducción	3
2. Planteamiento del tema/problema	4
3. Desarrollo	5
3.1. Sarcocystiosis en camélidos sudamericanos domésticos	8
3.1.1. Taxonomía del parásito	8
3.1.2. Características Morfológicas del Parásito	11
3.1.2.1. Ooquistes	11
3.1.2.2. Quistes	11
3.1.3. Ciclo Biológico	13
3.1.4. Patogenia	16
3.1.4.1. Enfermedad en el hospedero definitivo	16
3.1.4.2. Enfermedad en el hospedero intermediario	17
3.1.5. Transmisión	18
3.1.6. El sistema de manejo	19
3.1.7. Inmunología	19
3.1.7.1. Estructura Antigénica	19
3.1.7.2. Respuesta inmune celular	20
3.1.8. Pérdidas Económicas	21
3.1.9. Importancia en La Salud Pública	21
3.1.10. Diagnóstico	21
3.1.10.1. En el hospedero definitivo	21
3.1.10.2. En el hospedero intermediario	21
3.1.11. Técnicas Serológicas	22
3.1.11.1. Inmunodifusión doble	22
3.1.11.2. Prueba de ELISA	22
3.1.11.3. Western Blot	23
3.1.11.4. Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)	23
3.1.12. Tratamiento	24
3.1.13. Prevención y control	24
4. Conclusiones y sugerencias	25
5. Bibliografía	30

SARCOCYSTIOSIS EN CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS DOMÉSTICOS: **UNA PROPUESTA PARA SU PREVENCIÓN**

1. INTRODUCCIÓN

En Sudamérica, con el paso del tiempo, se desarrollaron dos géneros importantes de camélidos: *Lama* y *Vicugna*, cada uno con dos especies: *Lama glama* (llama), *Lama guanicoe* (guanaco), *Vicugna pacos* (alpaca) y *Vicugna vicugna* (vicuña). De las cuatro especies existentes de camélidos sudamericanos (Lamo, 2011), dos han sido domesticadas: la llama y la alpaca en tiempos pre-hispánicos. Éstas llegaron a tener una gran importancia, por ser una de las principales fuentes proteicas en sectores andinos de los países de Perú, Bolivia, Chile y Argentina.

Los Camélidos Sudamericanos Domésticos (CSD) llama y alpaca son criados principalmente en regiones andinas del Noroeste Argentino, Norte de Chile, Bolivia y Perú, pero también en regiones pre-andinas y de llanura. Se estima una población de más de 7 millones entre llamas y alpacas en Sudamérica. Estos animales son esenciales para la estrategia de vida de los pobladores rurales encargados de su cría y la carne es un producto importante que resulta de su explotación. Esta carne es similar a la de otros herbívoros en su contenido proteico pero tiene un contenido de colesterol reducido a casi un tercio del de la carne bovina. Por ello, además de ser una fuente primordial de proteínas animales para los campesinos andinos, es particularmente atractiva para la cocina gourmet de regiones turísticas, constituyendo una importante fuente de ingresos para pequeños y medianos productores de los mencionados países. Además, es una explotación con oportunidades de crecer significativamente si logra alcanzar los mercados internacionales, debido al creciente interés en países desarrollados por las carnes magras, provenientes de animales criados de manera extensiva y con bajo impacto ecológico.

Un grave problema que atenta contra la producción y comercialización de carne de CSD es el frecuente hallazgo de abundantes quistes macroscópicos parecidos a granos de arroz entre las fibras musculares. Estos ocurren por una infección conocida como Sarcocystiosis de los Camélidos Sudamericanos (CSA) siendo el agente causal el protozooario coccidio *Sarcocystis aucheniae*. La detección de macroquistes se realiza por inspección visual luego de la faena y provoca frecuentemente el decomiso de la

carne infectada o su rechazo en los mercados, con las consiguientes pérdidas económicas para los productores.

Por este motivo, con el presente trabajo se pretende realizar planes de erradicación de parásitos en dichos animales mediante proyectos de concientización que serán destinadas para las poblaciones productoras, para la mejora de las condiciones sanitarias.

2. PLANTEAMIENTO DEL TEMA/PROBLEMA

La carne de camélidos en su forma fresca o deshidratada (charque), es considerada como una de las principales fuentes de proteína para los habitantes alto-andinos. No obstante, su consumo en las áreas urbanas no tiene mayor aceptación debido a prejuicios sociales y por el mal aspecto de las canales infectadas con parásitos intramusculares que semejan a granos de arroz. (Concha, 1999).

La Sarcocystiosis es una enfermedad parasitaria que se conoce vulgarmente como triquina o arrocillo y constituye una zoonosis tóxica. El consumo de carne infectada, cruda o insuficientemente cocida, puede producir un cuadro de gastroenteritis que cursa con náuseas, diarreas, cólicos y escalofríos, especialmente con el consumo de músculo cardíaco infectado con quistes (Leguía y Casas, 1999). La Sarcocystiosis tiene un impacto negativo en la economía de los productores de camélidos sudamericanos, debido a la presencia masiva de macroquistes en la musculatura, que conduce muchas veces al decomiso de la carcasa. Se ha reportado prevalencias del 70 al 100% macroquistes en camélidos sudamericanos en todas las regiones andinas (Mostajo, 1983). Esto es una clara indicación de los altos niveles de contaminación de los pastizales con este parásito; viéndose agravado por la estrecha convivencia de perros con CSA, así como por la alimentación de perros con carne cruda infectada con este protozoo (Guerrero, 1987) y los bajos niveles socioeconómicos y culturales de la población campesina. Estos hechos son un llamado de atención para crear un cambio en la conciencia de las comunidades productoras con el fin de mejorar la resistencia inmune de los rebaños contra *Sarcocystis aucheniae*. Teniendo en conocimiento esto, la única forma de evitar las enfermedades es interrumpiendo el ciclo biológico del parásito, lo cual se lograría mediante la capacitación al sector productor, haciendo hincapié en la Educación Sanitaria.

3. DESARROLLO

El Altiplano es una de las mayores mesetas elevadas de la tierra, con una altura promedio de casi 4.000 metros sobre el nivel medio del mar, se ubica en los andes centrales y es un territorio compartido por Argentina, Bolivia Chile y Perú. En general es un ecosistema frágil, con especies vegetales y animales de gran importancia para la biodiversidad. Su población, principalmente aymara y quechua, mantiene estrechos lazos con su cultura prehispánica y depende fundamentalmente de una actividad agrícola y ganadera, con especies propias de la región.

Entre las diversas actividades que sus habitantes desarrollan, en este particular entorno, se encuentra la ganadería de CSD, alpacas y llamas, a los que se ha ido sumando, progresivamente, el manejo sustentable de especies silvestres como la vicuña y el guanaco.

La ganadería de CSD es una actividad que ha estado presente desde tiempos precolombinos y han representado hasta la actualidad, oportunidades de desarrollo a través de la obtención de productos valorados en el mercado como lo son el propio animal, su carne, su pelo y su piel. Así lo han comprendido diferentes países del mundo, los que, con diversos enfoques, han iniciado programas de poblamiento, mejoramiento genético, y reproducción. Impulsar el desarrollo de este rubro, es un deber para con la cultura que ha mantenido el patrimonio y ha consolidado la soberanía, en ambientes hostiles y donde pocas especies se pueden producir eficientemente. (Raggi, 2000).

La clasificación taxonómica de los camélidos sudamericanos se da de la siguiente forma:

- **Clase:** Mamíferos
- **Orden:** Artiodáctilos
- **Familia:** Camelidae, comprende llamas, alpacas, guanacos y vicuñas.
- **Tribu:** Lamini, incluye llamas, alpacas, guanacos y vicuña.
- **Géneros:** *Lama*, incluye llamas, alpacas y guanacos. *Vicugna*, incluye sólo vicuñas.

Los Camélidos Sudamericanos Domésticos actualmente se encuentran ubicados principalmente en Perú, Bolivia, Argentina y Chile (Figura 1).

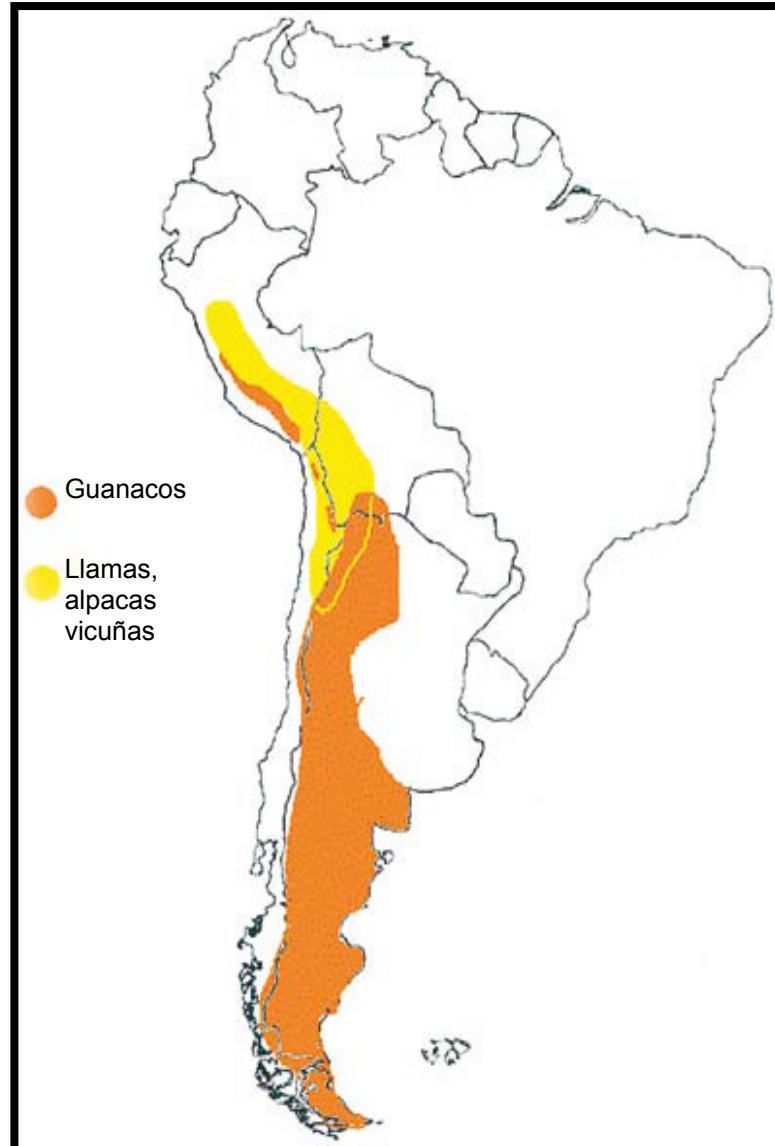


Figura 1: Distribución de Camélidos Sudamericanos. (Decker, 2014)

Entonces, entre los Camélidos Sudamericanos Domésticos podemos encontrar:

- **Llama**, *Lama glama* (Figura 2).



Figura 2: *Lama glama* (Decker, 2014)

- **Alpaca**, *Lama pacos* (Figura 3).



Figura 3: *Lama pacos*. (Decker, 2014)

En la tabla I se muestra la estimación de las poblaciones de alpacas y llamas por países. La cría está organizada en pequeños rebaños pertenecientes a los lugareños o a asociaciones de criadores. (Fassi, 1987).

Tabla I

Población de alpacas y llamas por países (en millares)		
País	Alpaca	Llama
Perú	3200	950
Bolivia	300	2500
Chile	30	60
Argentina	20	105
Otros países	1	18

3.1. Sarcocystiosis en Camélidos Sudamericanos Domésticos

3.1.1. Taxonomía del parásito

La palabra *Sarcocystis* proviene del griego, donde *sarkos* significa músculo, y *kystis* quiere decir vesícula. Al igual que otras células eucariotas, posee estructuras rodeadas de membrana, tales como núcleo, mitocondrias, retículo endoplasmático y otras. Pero además posee estructuras típicas de los Apicomplexa. La extremidad se encuentra rodeada por una banda de microtúbulos, llamada anillo polar, hay también un cono truncado de fibrillas llamado conoide que junto con las roptrias, los micronemas y una pequeña boca llamada microporo forman el complejo apical. (Figura 4).

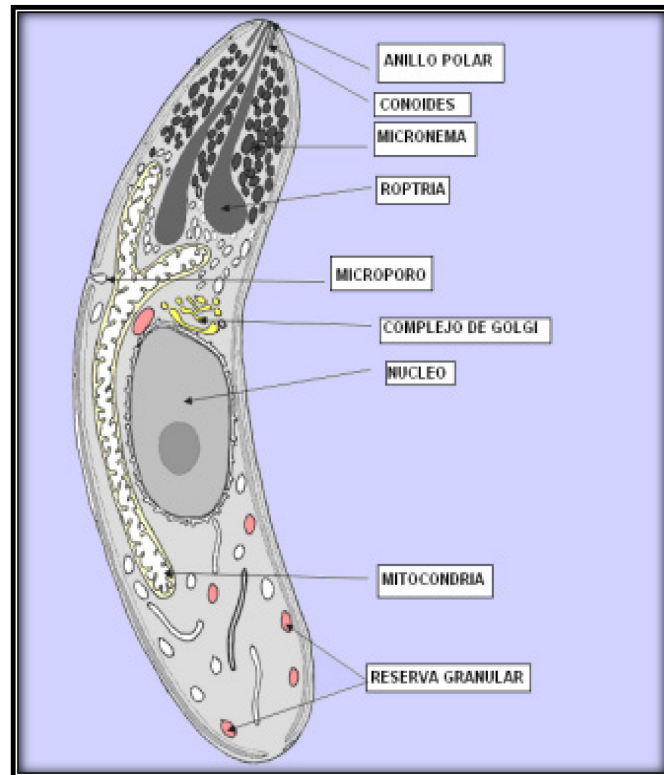


Figura 4. Estructura anatómica de género *Sarcocystis* (Leverack- Dando, 1987).

El género *Sarcocystis* está compuesto por más de 130 especies (Tenter, 1995), los cuales se diferencian en el grado de patogenicidad, estructura y ciclo de vida. La clasificación taxonómica propuesta por Levine (1986) es la siguiente:

Phylum APICOMPLEXA Levine, 1970
Clase SPOROZOASIDA Leuckart, 1879
Subclase COCCIDIASINA Leuckart, 1879
Orden EUCCOCCIDIORINA Léger y Diboscq, 1910
Suborden EIMERIORINA Léger, 1911
Familia SARCOCYSTIDAE Poche, 1913
Subfamilia SARCOCYSTINAE Poche, 1913
Género *SARCOCYSTIS* Lankester, 1882

Los parásitos del género *Sarcocystis* son protozoos pertenecientes al phylum Apicomplexa como se vio anteriormente, y dentro de éste, al grupo de los

coccidios, conjuntamente con *Toxoplasma gondii* y *Neospora caninum*. Fueron reportados por primera vez en Suiza por Miesher (1843), quien encontró estructuras alargadas en el músculo esquelético del ratón (*Mus musculus*), las cuales llegaron a conocerse como túbulos de Miesher (Dubey, 1976).

En llamas y alpacas, la Sarcocystiosis es ocasionada por la especie *Sarcocystis aucheniae* (Figura 5). Esta especie fue descrita en 1903 por Brumpt a partir de quistes obtenidos de alpacas. Posteriormente, se propuso designar con este nombre a todos los *Sarcocystis* de CSA que producen quistes de “maduración lenta” en fibras esqueléticas (Torres *et al.*, 1981; Leguía *et al.*, 1989). Más recientemente, se logró corroborar por estudios de filogenia que la especie que afecta a llamas en Sudamérica es la misma que la descrita en alpacas en el viejo continente (Carletti *et al.*, 2013).

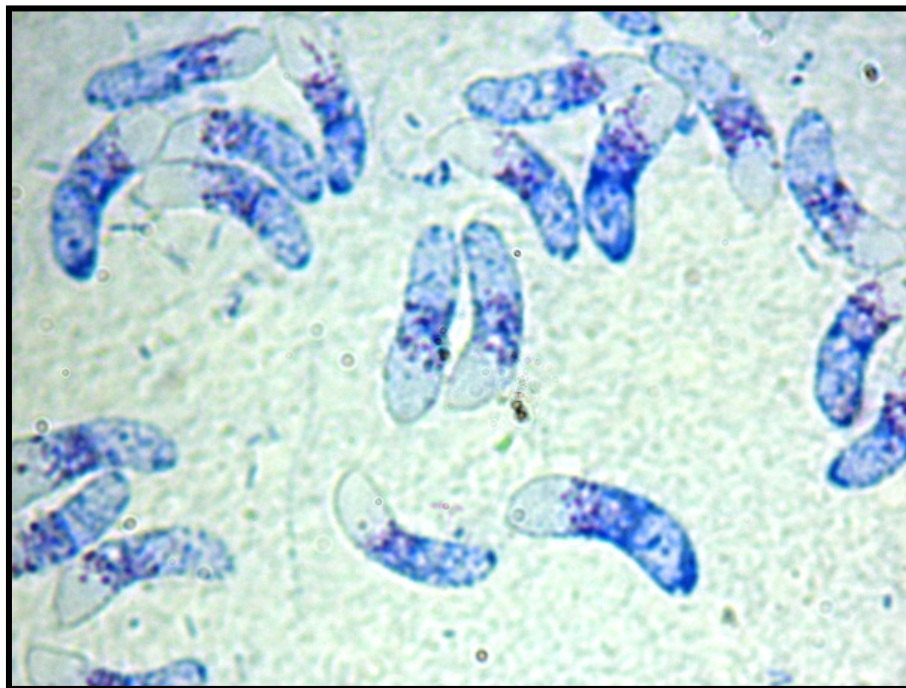


Figura 5. Observación microscópica de bradizoitos de *Sarcocystis aucheniae* con tinción Giemsa (400X), obtenidos a partir de quistes macroscópicos de músculo de llama. (Decker, 2015)

3.1.2. Características Morfológicas del Parásito

Dentro de su ciclo biológico tiene diferentes formas parasitarias y estas son:

3.1.2.1. Ooquistes

Los ooquistes están esporulados cuando son eliminados en las heces y contienen dos esporoquistes (Figura 6), cada uno con cuatro esporozoitos (Urquhart *et al.*, 2001). Se encuentran libres en las heces. Son elipsoides y en su interior tienen aparte de los esporozoitos un residuo granular disperso en forma de mórula, ubicado lateralmente en cada uno de los polos (Cordero del Campillo *et al.*, 1999).

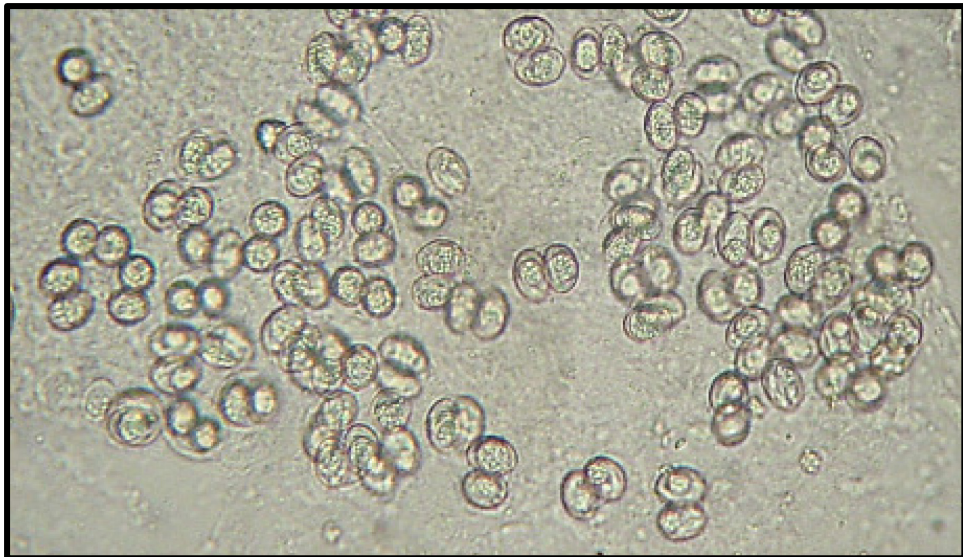


Figura 6. Ooquistes de *Sarcocystis aucheniae* (400X). (Zacarias *et al.*, 2013)

3.1.2.2. Quistes

Los quistes (Figura 7 y 8) que se encuentran en la musculatura esquelética generalmente se localizan en el cuello, esófago, muslo, intercostales y diafragma (Valderrama, 1999) del hospedero intermediario y tiene forma de granos de arroz (Barriga 2002) llegando a medir 1- 5 mm de largo a mas (Leguía, 1991). Presentan 3 tipos de bradizoitos o cistozoitos; cistozoito ameboideo, cistozoito redondo o metrozoito y el cistozoito en forma de plátano, que presentaron diferencias en cuanto a forma, densidad

electrónica y organelas (Melo *et al.*, 2008). Son de forma ovoide o esférica, contiene una estructura compleja; posee una cápsula con digitaciones externas que varían en número largo y grosor; de la misma cápsula se desprende tabiques incompletos dirigidos al centro, entre los que se ubican los paquetes de parásitos, recibiendo aquí el nombre de merozoitos, quistozoitos o bradizoitos (Atías, 1995).

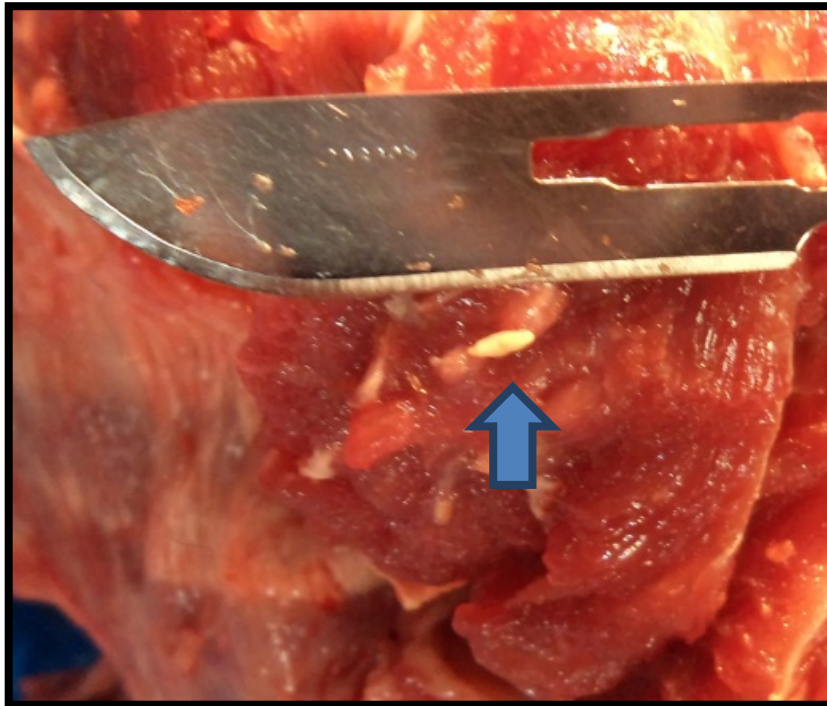


Figura 7. Quistes en carne de llama. (Decker, 2014)

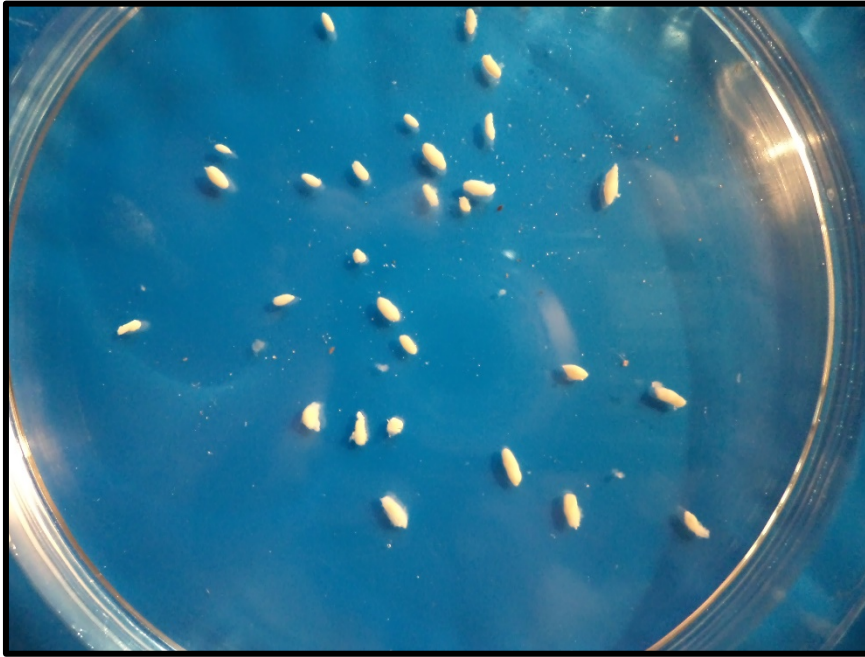


Figura 8. Quistes obtenidos de carne de llama. (Decker, 2014)

3.1.3. Ciclo Biológico

Los miembros del género *Sarcocystis* son protozoos intracelulares obligatorios y su ciclo de vida consiste en merogonia, gametogonia y esperogonia (Figura 9). *Sarcocystis aucheniae* es de ciclo indirecto, requiere de dos hospedadores obligatorios donde se desarrollan el estadio sexual (predador, hospedador definitivo) y el estado asexual (presa, hospedador intermediario) (Leguía, *et al.*, 1989). Esto significa que una parte de su vida la desarrolla en las llamas y alpacas, que son el huésped intermediario, donde el parásito realiza su reproducción asexual, formando los quistes que pueden afectar en forma masiva las fibras musculares, tanto estriadas como cardíacas, y otra parte de su ciclo que lo lleva a cabo en los carnívoros, como ser los perros (Figura 10), que vienen a ser los hospederos definitivos, y es donde el parásito desarrolla su fase sexual dando lugar a la formación de miles de esporoquistes y ooquistes, los mismos que salen esporulados junto con las heces al medio ambiente (Guerrero, 1987).

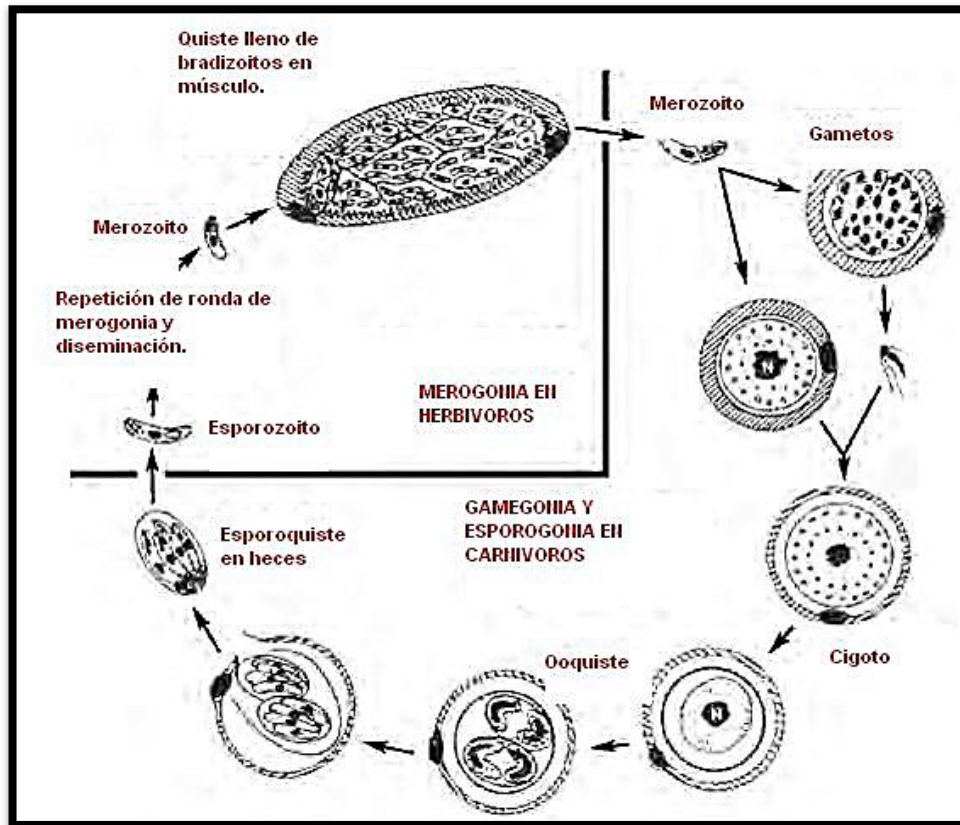


Figura 9. Ciclo de vida del género *Sarcocystis* (Wiser, 2004).

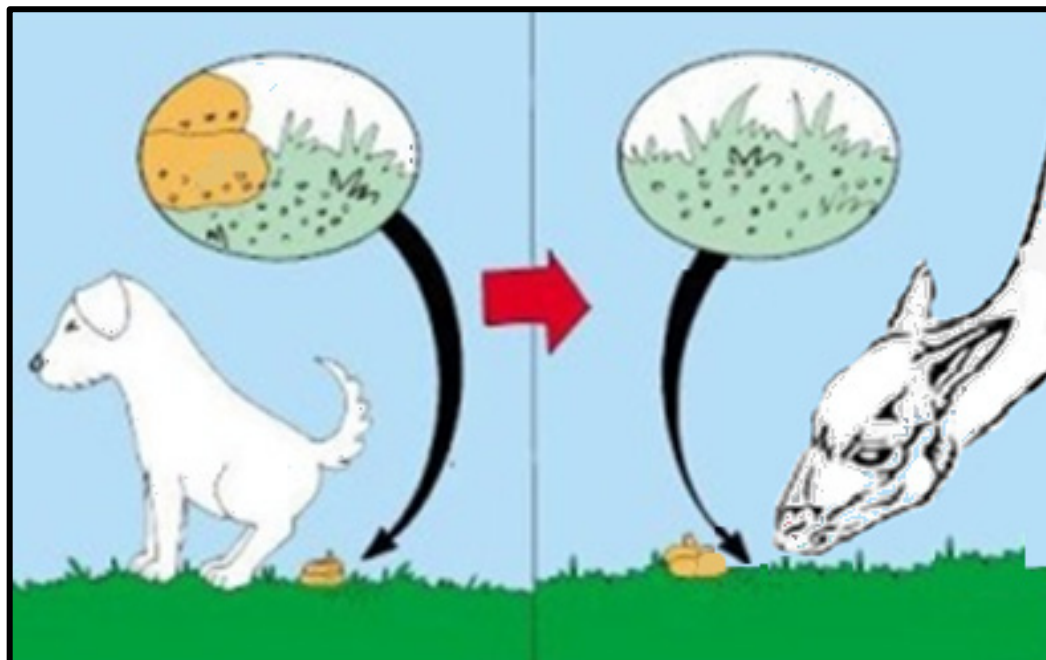


Figura 10. Ciclo indirecto de *Sarcocystis aucheniae*. Se requieren dos hospedadores. Perro (Definitivo), Llama/Alpaca (Intermediario). (Decker, 2014)

El hospedador definitivo se infecta al alimentarse de un animal o carne infectada con *Sarcocystis aucheniae* (Figura 10 y 11), los bradizoitos son liberados por la digestión en el estómago e intestino del predador, estos se mueven activamente e ingresan a la pared intestinal donde se dividen en gametos (femenino y masculino). La gametogonia se produce durante las primeras 18 horas (Cordero del Campillo *et al.*, 1999). Produciéndose luego la fecundación y dando como resultado los ooquistes. Los cuales esporulan en la lámina propia del intestino produciendo dos esporoquistes y cada uno con cuatro esporozoitos y al poseer una membrana muy frágil esta se romperá en el tránsito intestinal y dejarán libres a los esporoquistes los cuales se observan en mayor proporción en las heces.



Figura 11. Perro alimentándose de la sangre de una llama recién faenada. (Decker, 2014)

El hospedador intermediario adquiere la infección al ingerir alimento (pasturas) o agua contaminada con los esporoquistes, liberándose los esporozoitos en el intestino para luego entrar a la circulación sanguínea y desarrollar la primera generación de esquizontes en las células endoteliales o subendoteliales de los vasos sanguíneos de casi todos los órganos. Los merozoitos producidos en la primera generación de esquizontes entran a nuevas células endoteliales y subendoteliales donde se realiza la segunda generación de esquizontes. La segunda generación de merozoitos entra a las células musculares esqueléticas, cardíacas y algunas veces también en las células del sistema nervioso central donde se realiza la tercera generación de esquizontes, la que finalmente termina conformando el quiste, en cuyo interior se forman los bradizoitos o cistozoitos. Con la ingestión del quiste por el predador, se cierra el ciclo. De la ingestión de esporoquistes a la presencia de bradizoitos infectantes en los músculos de los hospederos intermediarios generalmente son de 2-3 meses pero pueden extenderse en 12 meses en algunas especies (Cordero del Campillo *et al*).

3.1.4. Patogenia

Entre los factores relacionados a la patogenia, la especie *Sarcocystis aucheniae* es la más importante, de ella depende la capacidad de multiplicación, la localización de las merogonias, la proliferación de los merontes y la posibilidad de alcanzar el SNC, potencialidad que confieren un poder patógeno mayor o menor (Cordero del Campillo *et al.*, 1999). También juegan un papel importante la dosis infectante y las reinfestaciones, el estrés, la gestación, el estado nutricional, la lactación, etc. Que favorecen la gravedad de la infección (Rojas, 1990).

3.1.4.1. Enfermedad en el hospedero definitivo

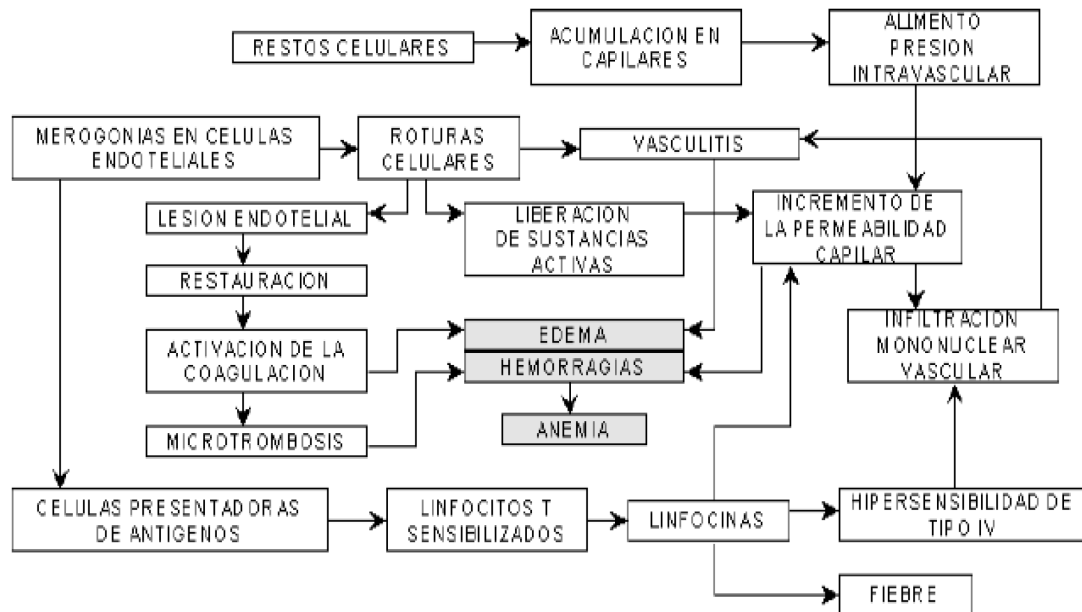
El consumo de carne cruda infectada con quistes de *Sarcocystis aucheniae* puede ocasionar en perros una enfermedad grave. Presentando un cuadro con fiebre, falta de apetito, anemia, diarrea sanguinolenta, debilidad, postración y muerte (Leguía y Casas, 1999). Se ha constatado que determinadas sustancias obtenidas a partir de extractos acuosos de bradizoitos lisados, a los que se les da el nombre de Sarcocistina (sustancia proteica que posee una endotoxina con actividad neurotoxina). Cuya acción

se manifiesta a nivel del músculo cardíaco y tejido nervioso gastrointestinal (Leguía *et al.*, 1989).

3.1.4.2. Enfermedad en el hospedero intermediario

En el hospedero intermediario esta enfermedad ha sido considerada tradicionalmente de escasa importancia patológica, sin embargo, se ha demostrado que causa destrucción masiva del endotelio vascular de capilares y arteriolas de casi todos los órganos del animal, como consecuencia de la reproducción asexual del parásito (Leguía y Casas, 1999). También la muerte puede ser inducida natural o experimentalmente por especies patogénicas de *Sarcocystis aucheniae* cuando un gran número de esporoquistes es ingerido en un corto periodo de tiempo. La multiplicación del parásito en las células endoteliales determina la rotura de las células hospedadoras radicadas en la íntima del vaso, causando endoarteritis y aumento de la permeabilidad capilar, que favorece la salida de líquidos, sangre y células móviles. En algunos casos, se producen alteraciones morfológicas más profundas que afectan a la capa muscular, con vacuolización e infiltración leucocitaria en la túnica media, sobre todo en los vasos de mediano calibre. Los restos de células rotas que permanecen en la pared de las arterias, como los liberados a la corriente, desencadenan en vasos pequeños y capilares un aumento de la presión sanguínea por obstrucción de su luz y, consecuentemente, edemas y hemorragias (Cordero del Campillo *et al.*, 1999).

Cuadro I: Mecanismos patogénicos de la Sarcocystiosis



Fuente: Cordero del Campillo *et al.*, 1999

3.1.5. Transmisión

La estrecha convivencia que hay entre las alpacas y llamas con los perros, y la alimentación de éstos con carne infectada favorece la transmisión (horizontal) de éste parásito a esto se le adiciona la excesiva población de perros en las zonas ganaderas y la acción predatora de zorros; los cuales no desarrollan inmunidad, debido a la ausencia de reproducción asexual, siendo re infectados continuamente, eliminando millones de ooquistes por periodos prolongados (Leguía y Casas., 1999).

Resistentes a las formas ambientales, en condiciones experimentales se demostró que pueden sobrevivir a la congelación mas no a la desecación (Radostis *et al.*, 2002). En consecuencia los esporoquistes pueden sobrevivir por largo tiempo en zonas húmedas, superar el invierno, mas no en climas secos y calurosos (Moré *et al.*, 2009), sin embargo los pastos se contaminan con mayor cantidad de esporoquistes durante la época lluviosa, ya que las lluvias lavan el material fecal favoreciendo el esparcimiento de estos parásitos (Moré *et al.*, 2009; Leguía y Clavo, 1989).

3.1.6. El sistema de manejo

El hospedero definitivo adquiere principalmente la infección en ambientes rurales por la práctica frecuente de alimentarlos con restos de camales, trozos de huesos, recortes de piezas cárnicas y vísceras crudas conteniendo quistes (Atías, 1995). La falta de mataderos o camales en algunas zonas alto andinas, hace que se practique la matanza clandestina o domiciliaria, así como también los camales dentro de los centros urbanos donde los perros vagabundos roban la carne y vísceras enfermas decomisadas (Leguía y Clavo, 1989; Leguía y Casas, 1999).

Los perros no desarrollan inmunidad protectora, así que pueden infectarse cada vez que comen carne cruda con quistes, es decir se pueden re infectar continuamente, resultando una nueva ola de ooquistes que contaminan el ambiente resultando en un excelente difusor del parásito (Leguía y Clavo, 1989). El hombre, gato, felinos silvestres, hasta donde se conocen no intervienen en el ciclo de los *Sarcocystis* de camélidos sudamericanos. (Leguía *et al.*, 1989).

3.1.7. Inmunología

3.1.7.1. Estructura antigénica

Se ha observado que los *Sarcocystis* son resistentes a la respuesta inmune del huésped y no hay evidencia de una respuesta inmune capaz de proteger las diversas formas evolutivas que se desarrollan en el transcurso de la infección, contienen distintos tipos de proteínas antigénicas, cuyos pesos moleculares difieren tanto en función de la especie, como en la forma parasitaria por eso, la detección de anticuerpos circulantes así como su concentración y evolución, también son valores variables, dependiente de las técnica empleada como también de la fuente de antígeno (Cordero del Campillo *et al.*, 1999). Es poco conocido los procesos de respuesta inmune específica contra infecciones por *Sarcocystis*. Investigaciones han demostrado que se produce respuesta tanto de linfocitos B como linfocitos T, siendo la respuesta celular muy importante (Uggla y Buxton, 1990). El endotelio infectado por *Sarcocystis* puede funcionar como células presentadoras de antígeno durante la fase vascular de la proliferación del parásito.

3.1.7.2. Respuesta inmune celular

Se pueden observar fenómenos de movilización celular, principalmente mononucleares, que participan en la resolución del proceso mediante una inmunidad mediada por células, que se produce en los tejidos parasitados. También se ha comprobado la existencia en la sangre periférica de una inmunidad celular específica, caracterizada por una estimulación de la transformación linfoblástica, frente a antígenos específicos de *Sarcocystis* que se mantiene durante un año (Cordero del Campillo *et al.*, 1999). La intensidad de la respuesta celular vista en animales que sobrevivieron a desafíos letales indica inmunidad mediada por células contra *Sarcocystis*. (Dubey, 1989).

Es evidente que existe una inmunidad humoral y celular detectable in vitro. Sin embargo, cuando se realizan pruebas in vivo, de transferencia o administración de sueros homólogos inmunes, no existe ningún tipo de inmunidad adquirida y los animales, cuando son infectados, desarrollan un proceso patológico semejante al de los animales no inmunizados. Existe una inmunidad protectora, como la que se produce en animales que han sufrido un proceso subclínico experimental, y por el cual cuando son infectados con dosis de recuerdo teóricamente letales, son capaces de resistir el embate de esta segunda dosis. La duración de esta inmunidad protectora varía entre 3-4 meses según la especie y es independiente de la existencia de quistes en la musculatura. La forma parasitaria responsable de este fenómeno parece ser los merontes de 1era generación, pero no se sabe con exactitud, como tampoco los mecanismos conductuales a la instauración de un estado inmunitario (Cordero del Campillo *et al.*, 1999).

En el caso de los camélidos sudamericanos no existen aún estudios sobre la inmunidad celular. Solamente se analizó la respuesta de anticuerpos IgG anti *Sarcocystis* en alpacas, con resultados positivos donde se enfrentaron los métodos de Electroinmunotransferencia (Sam, 1988) y ELISA (Castro *et al.*, 2004), sueros colectados de animales vivos contra un antígeno soluble a partir de macroquistes de *Sarcocystis aucheniae*.

3.1.8. Pérdidas económicas

La Sarcocystiosis produce grandes pérdidas económicas ya sea en la salud de los animales o en la reducción en la calidad y cantidad de la carne, lana, fibra (Leguía y Arévalo, 1990). También produce pérdidas en el valor comercial de la carne por el decomiso de la carcasa (Alva *et al.*, 1980). Por ejemplo en Perú, se ha estimado una pérdida anual de 300,000 dólares americanos, sólo por el decomiso de carne infectada.

3.1.9. Importancia en la salud pública

El consumo de carne infectada, cruda o insuficientemente cocida, produce en el humano un cuadro de gastroenteritis con náuseas, diarrea, cólicos y escalofríos, sintomatología aparentemente ocasionada por la acción de una sustancia tóxica contenida en los quistes; sin embargo, según estudios realizados por Granado, *et al.*, 2007, ciertos tratamientos como la cocción, marinado, ahumado y curado seco, eliminan la viabilidad del parásito por lo que se inactiva la toxina Sarcocistina (Leguía, 1991).

3.1.10. Diagnóstico

3.1.10.1. En el hospedero definitivo

Se realiza a través del examen coproparasitológico de los canidos. (Cordero del Campillo *et al.*, 1999) mediante el método de concentración por flotación con solución azucarada (Rojas, 1990). Para diagnosticarse se debe buscar en las deposiciones los ooquistes maduros de y/o los esporoquistes con cuatro esporozoitos en su interior (Barriga, 2002).

3.1.10.2. En el hospedero intermediario

El diagnóstico in vivo de la Sarcocystiosis aguda es difícil toda vez que los síntomas no son muy específicos y por tanto, fácilmente confundibles con otros procesos patológicos. No obstante, algunos datos clínicos como la anemia, fiebre, sialorrea, alopecia e incremento de los niveles de las enzimas plasmáticas (GOT, CPK y LDH) pueden ofrecer un valor orientativo (Rojas, 1990). Más eficaz resulta la utilización conjunta de estos con criterios epidemiológicos donde la existencia de antecedentes de Sarcocystiosis musculares en determinados animales, así como información obtenida por

análisis coproparasitológico de los hospedadores definitivos, preferentemente del perro, son de especial interés para el establecimiento del diagnóstico. Las necesidades de diagnosticar la enfermedad en vivo, hizo que las investigaciones se dirigieran a desarrollar y estandarizar pruebas de diagnóstico para detectar anticuerpos contra *Sarcocystis* en animales vivos.

3.1.11. Técnicas serológicas

3.1.11.1. Inmunodifusión doble

Técnica utilizada para determinar una reacción de antígeno y anticuerpo. Se conocen tres patrones básicos de reacción: Identidad, no identidad e identidad parcial. Para esta prueba se utiliza azarosa, la cual se prepara hirviendo lentamente los gránulos en un baño de agua. La mayoría de los tipos de azarosa se disuelven a un poco más de 90 °C y melifican a 45°C. En el soporte de azarosa se colocan el antígeno y el anticuerpo (siempre es necesario conocer uno de ellos, pues el desconocido será el que se trata de identificar); ambos migran en todas direcciones y cuando encuentran a su contrario presentan una banda de precipitación fácilmente observable. Esta técnica constituye la base común de una gran variedad de técnicas que permiten realizar desde un análisis cualitativo hasta una estimación cuantitativa de un antígeno (Orlando y Kuby, 2003).

3.1.11.2. Prueba de ELISA

La prueba serológica más utilizada para el diagnóstico de *Sarcocystis* es la prueba de ELISA. En Perú se desarrolló una prueba de ELISA con alta sensibilidad para la detección de anticuerpos contra *Sarcocystis aucheniae* de alpacas. La prueba se estandarizó con antígeno de *Sarcocystis aucheniae* y suero de conejos antimacroquistes de *Sarcocystis aucheniae* (Sam 1988) con la finalidad de mejorar la especificidad en la detección de anticuerpos de alpacas con la técnica de ELISA se estandarizó un método utilizando Proteína A conjugada con peroxidasa, resultando ser una opción confiable ya que fue capaz de detectar anticuerpos en pequeñas cantidades y con buena especificidad. (Viscarra *et al.*, 2003).

El ELISA estandarizado por Hung (2005) en un estudio de diagnóstico en alpacas menores de 2 años de vida. Fue basado en proteínas antigénicas de macroquistes de *S. aucheniae* y fue capaz de detectar anticuerpos tanto de *S. aucheniae* como de *S. lamacanis*. Esto es de gran utilidad debido a lo dificultosa que resulta la obtención de antígeno de *S. lamacanis* (microquistes). Donde se concluye también que es la prueba de elección en el diagnóstico temprano.

3.1.11.3. Western Blot

La prueba de EITB se utilizó para la detección de IgG anti *Sarcocystis aucheniae* en conejos. Se encontraron tres péptidos con movilidad relativa entre 58-50 kd que fueron reconocidos por las IgG de conejos hiperinmunizados (Sam *et al.*, 1996). Se ha estimado que tiene un 89 % de sensibilidad y 89% de especificidad (Dubey *et al.*, 1989).

3.1.11.4. Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)

A pesar de la importancia de la Sarcocystiosis para la industria ganadera y la medicina veterinaria, aun no se cuenta con una prueba de diagnóstico de rutina que nos permita diferenciar entre las especies de *Sarcocystis* que pueden infectar un animal. Sin embargo, con la técnica de PCR se pueden realizar el diagnóstico de especies de *Sarcocystis* (Tenter *et al.*, 1995; Joachim *et al.*, 1996). Esta técnica ha sido desarrollada como una herramienta para la diferenciación genética de distintos organismos y se basa en la amplificación genómica del ADN de esta manera se pueden obtener “huellas digitales” de casi cualquier organismo (Joachim *et al.*, 1996).

En estudios realizados en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) se ha venido desarrollando diferentes variantes de PCR mediante el análisis del gen SSU rRNA de las especies de *Sarcocystis* que infectan a las llamas, a partir de muestras de ADN de sangre, observándose buenos resultados de detección, sin embargo aún faltan realizar más estudios. (Carletti, *et al.*, 2013; Romero, 2014).

3.1.12. Tratamiento

En el caso de los camélidos sudamericanos se viene estudiando la posibilidad de crear una vacuna pero aún no se lograron resultados prometedores (Hung, 2009). En el caso de los hospederos definitivos se están usando drogas para controlar la Sarcocystiosis intestinal utilizando la combinación de drogas Sulfadoxina y Piretamina, así como Primaquina, donde obtuvieron 100% eficacia luego por el tratamiento por 7 días (Saravia, 2003; Quispe, 2004). Los resultados obtenidos son muy alentadores pero su uso por días consecutivos no es práctico para la realidad.

3.1.13. Prevención y control

En la actualidad no existen medidas destinadas a mejorar la resistencia inmune de los rebaños, teniendo en conocimiento esto, la única forma de evitar las enfermedades es interrumpiendo el ciclo biológico del parásito, lo cual se lograría evitando a través de la mala costumbre de alimentar a los perros pastores con carne, vísceras crudas e infectadas con este parásito (Leguía y Clavo., 1989; Leguía y Casas 1999). Con respecto a los planes de lucha, éstos se basan en intentar cortar el ciclo evolutivo de los parásitos en aquellos puntos de la cadena epidemiológica más condicionada por la acción del hombre y, por lo tanto, más susceptibles de ser atacados; para ello habría que atender a los siguientes apartados. Una educación sanitaria sostenida que logre instalarse valorativa y actitudinalmente en el intelecto de las personas tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Enseñando a los productores la forma como se contagia o transmite la enfermedad y los prejuicios que ocasionan a los animales y al hombre.
2. No alimentando a los perros con carne, vísceras crudas o mal cocidas que presentan “triquina”, arrochillo, bolsa de agua, los cuales también pueden desarrollarse en el hombre.
3. Prohibiendo la matanza clandestina o domiciliaria de camélidos sudamericanos.
4. Mejorando las condiciones higiénico-sanitarias de los camales urbanos, evitando el ingreso de perros a los camales.
5. No abandonado en el campo a los animales muertos ya que pueden ser comidos por perros o zorros.

6. Enterrando o quemando animales muertos.
7. Limitando la población de perros en las zonas rurales y áreas urbanas.
8. Realizando campañas para reducir la población de perros vagabundos.
9. La carne de camélidos sudamericanos con *Sarcocystis aucheniae* puede ser sometida a tratamientos a fin de evitar su decomiso: utilizándolo como charque o bien sometiéndolo a tratamientos físicos como la cocción, el ahumado y el marinado.
10. Implementando medidas tendientes a formar frigoríficos específicos para llamas y alpacas que cuenten con los requisitos de sanidad o bien implementando mataderos móviles.

4. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

La Sarcocystiosis en CSD constituye como en otros países vecinos, productores de llamas y alpacas, un problema significativamente social. Las comunidades campesinas que sustentan su escasa economía en lugares tan inhóspitos como la puna de Argentina, lo hacen mediante la producción de estos animales. En ese sentido, el papel de CSD juega un rol vital en su supervivencia. El conocimiento sobre ésta parasitosis es escaso, menor aún a nivel local o nacional. Por este motivo, un paso primordial para el control de la enfermedad vendría ser justamente “La capacitación y concienciación” en los sectores productivos. Empleando la modalidad participativa y multidisciplinaria como una herramienta de intervención para afrontar la problemática de la Sarcocystiosis en las comunidades productoras, se abriría una puerta muy prometedora de crecimiento y evolución positiva al permitirles a los productores conocer el impacto y su responsabilidad en el control de la enfermedad.

Creando un equipo multidisciplinario que se encargue de trabajar en conjunto hacia un objetivo que implique la mejora de las condiciones sanitarias de la cría y faena de CSD, se lograría un avance de gran magnitud ante la gran problemática que es la Sarcocystiosis. Para ello mi propuesta seguiría los siguientes pasos:

- Conformación de un equipo multidisciplinario: Que se encargue de la elaboración de un texto didáctico y material de divulgación (Figuras 12, 13, 14) para realizar charlas y capacitaciones en las comunidades.
- Realización de encuestas: Para detectar las principales falencias existentes en cada comunidad.

- Capacitaciones: Una vez detectadas las falencias de cada comunidad, pasar a las capacitaciones, donde podrían haber dos enfoques: Capacitaciones a niños y capacitaciones a adultos.
- Entrega de material de divulgación: Entregar trípticos y afiches de fácil entendimiento. (Figuras 12, 13, 14)
- Auditorias de seguimiento: Una vez realizadas las capacitaciones, mediante auditorias programadas podrían afianzarse los conocimientos recibidos durante las capacitaciones.
- Re-capacitaciones: Con los resultados de cada auditoría se podrían realizar capacitaciones para reforzar conceptos y mejorar las falencias específicas encontradas en las auditorías.

Ciertamente la Sarcocystiosis es una gran problemática, difícil de erradicar, pero no imposible. Ya se dieron los primeros pasos en cuanto al entendimiento del organismo y su complejidad y se están realizando diversos estudios tanto en Argentina como en los países vecinos. Ahora debemos incluir a las comunidades productoras y al gobierno para marchar hacia la mejora de las condiciones sanitarias y hacia la construcción de rebaños y mataderos específicos para CSA que cumplan las condiciones de higiene y refrigeración.

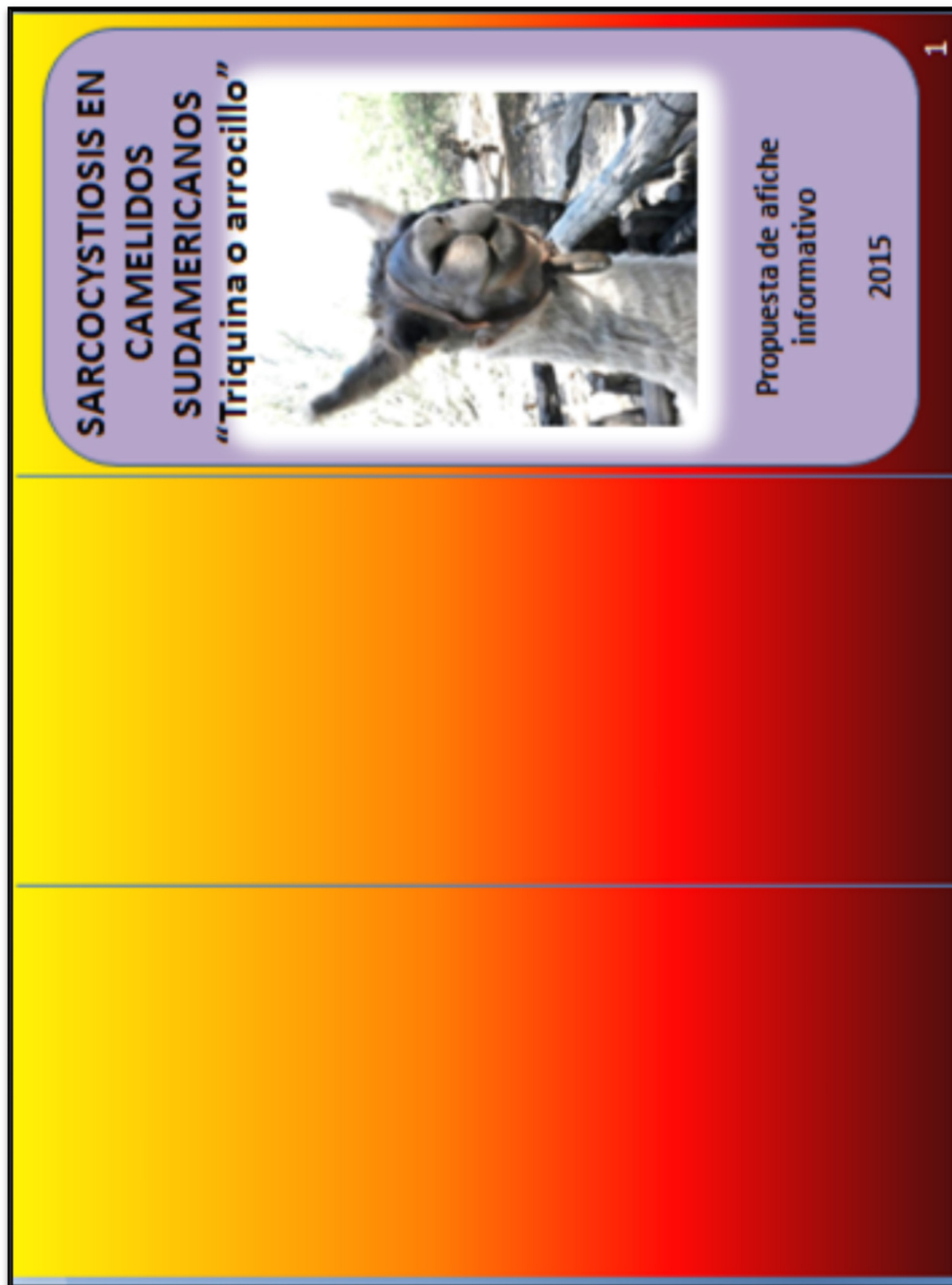


Figura 12: Modelo de material de divulgación en formato tríptico (Vista de la portada)

¿QUE ES LA SARCOCYSTOSIS?

Es una enfermedad que ataca a las llamas y alpacas producida por un parásito.

"*Sarcocystis aucheniae*"

Produce quistes semejantes a granos de arroz en la musculatura



¿COMO SE CONTAGIA?

El parásito vive mitad de su vida en las llamas y alpacas y la otra mitad en los perros y otros carnívoros.



- 1 Los perros se alimentan de carne y vísceras de llamas infectadas.
- 2 Defecan en los pastizales eliminando millones de parásitos.
- 3 Las llamas se alimentan de los pastizales contaminados con parásitos.
- 4 Los parásitos forman quistes en la musculatura de las llamas y alpacas.

¿COMO PODEMOS EVITARLO?



- No alimentando a los perros con carne o vísceras (crudas) de llama o alpaca.
- Desparasitando periódicamente a los perros.
- Teniendo a las llamas y alpacas en rebaños donde no tengan contacto con perros.
- Alimentando a las llamas y alpacas con alimento balanceado.
- Evitando las faenas en el campo.
- Cocinando bien la carne antes de consumirla o darla de alimento a los perros.

Figura 13: Modelo de material de divulgación en formato tríptico (Vista de la parte interior)

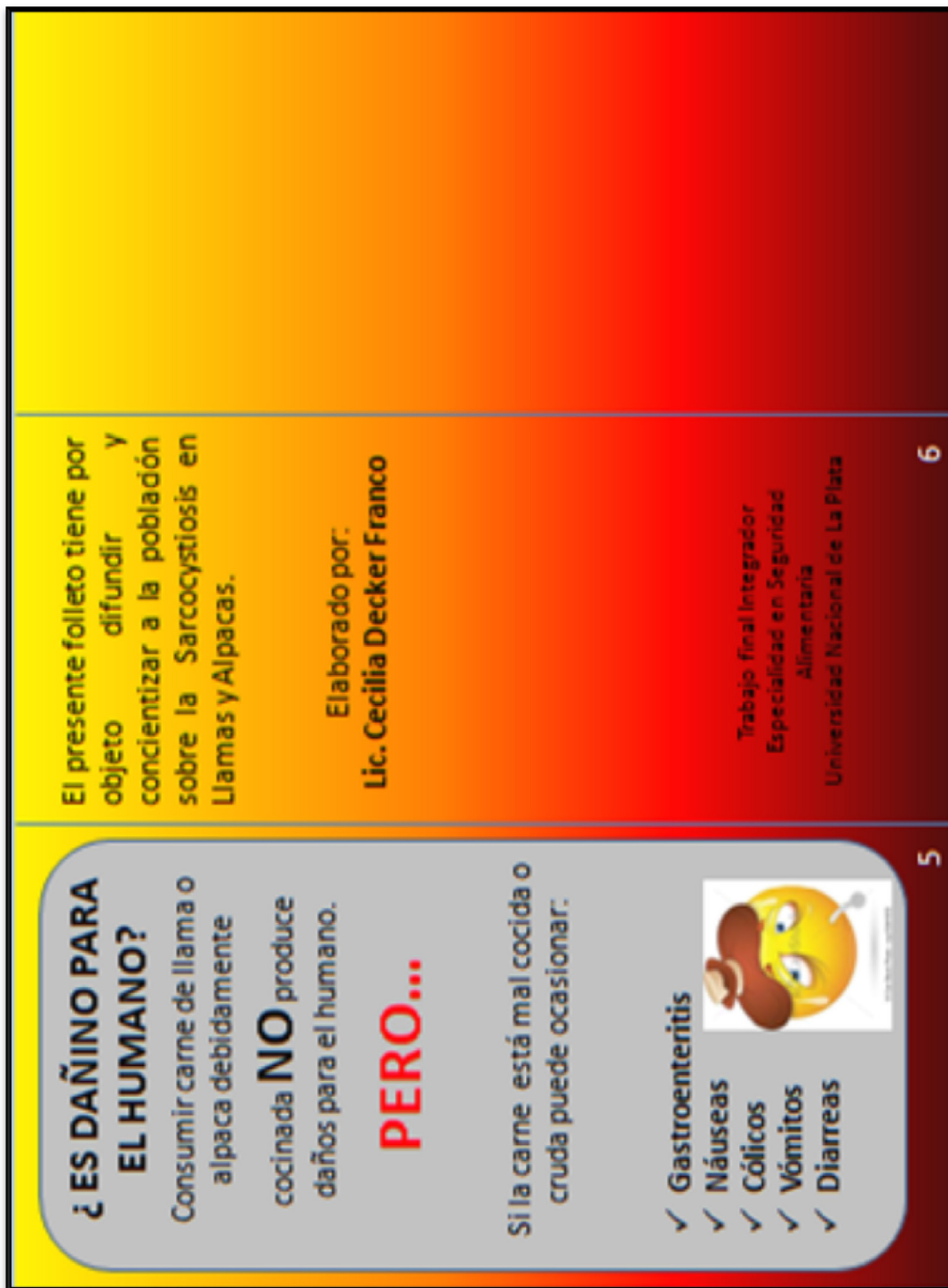


Figura 14. Modelo de material de divulgación en formato tríptico (Vista de la contraportada).

5. BIBLIOGRAFÍA

- Carletti, T., Martin, M., Romero, S., Morrison, D. A., Marcoppido, G., Florin-Christensen, M., Schnittger, L. 2013.** Molecular Identification of *Sarcocystis aucheniae* as the macrocyst-forming parasite of llamas. *Veterinary Parasitology*. 198, 396-400.
- Concha, S. 1999.** Strategical plan of communication in marketing for the open consumption of alpaca's meat in Arequipa-Perú. En: *Progress in South American Camelids Research*. P 122-131. The European Association for Animal Production. Göttingen, Germany.
- Cordero del Campillo, M.; F. Rojas, M. Fernández, M. Sánchez, S. Rodríguez, I. López. 1999.** *Parasitología veterinaria*. Madrid: Mc Graw-Hill. 968p
- Dubey J P. 1976.** A review of *Sarcocystis* of domestic animals and of other coccidia of cats and dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 169(10):1061-78.
- Dubey, J. P., Speer, C. A., and Fayer, R. 1989.** *Sarcocystosis of Animals and Man*. CRC Press, Inc. Florida. 215 p.
- Guerrero, C. 1987.** Enfermedades parasitarias de las alpacas. En: *La alpaca, enfermedades infecciosas y parasitarias*. Vol. De Divulgación. IVITA UNMSM. Lima, Perú. 8: 41-42.
- Lamo, D. 2011.** *Camélidos Sudamericanos: Historia, usos y sanidad animal*. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Buenos Aires-Argentina. Cap. 1, 12-22.
- Leguía, G. 1991.** The Epidemiology and Economic Impact of Llama Parasites. *Parasitology Today*. Vol. 7, No 2.
- Leguía, G.; F. Arévalo. 1990.** Efecto de la cocción, refrigeración, congelación y deshidratación (charqui) sobre la viabilidad de *Sarcocystis* de alpacas. *MV Rev. Cienc. Vet. Lima* 6(1): 19-20.
- Leguía, G.; C. Guerrero; R. Sam; A. Chávez. 1989.** Infección experimental de perros y gatos con micro y macroquistes de *Sarcocystis* de alpacas (Lama pacos). *MV Rev. Cienc. Vet. Lima* 5 (3): 10-13.

- Leguía, G., E. Casas. 1999.** Enfermedades parasitarias y atlas parasitológico de camélidos sudamericanos. Lima: La Mar. 30p
- Leguía, G.; N. Clavo. 1989.** *Sarcocystis* o “triquina”. Bol. Div. N°7. IVITA-UNMSM-CICCS. P 12-14.
- Levine, N. 1986.** The taxonomy of *Sarcocystis* (Protoza: Apicomplexa) species. Parasitology Today. 7: 54-56
- Melo, A.M; S. F Vilca; Z.E Apaza; G. E Tisnado. 2008.** Control de la Sarcocistiosis en alpacas infectadas naturalmente con *Sarcocystis* spp., utilizando una ivermectina al 1%. En: South American Camelids Research. Tomo II. Frank E; Antonini M; Toro O (Ed.). Wageningen Academic Publishers. 400 p.
- Moré, G; Jurado, S; Marín, R; Sarmiento, P; Peralta, R; Venturini, M; Venturini, L. 2009.** Descripción de los quistes de *Sarcocystis aucheniae* mediante microscopia electrónica de Transmisión y de barrido. Acta Microscópica. Vol. 18. Supp.C. Pp 695-696.
- Romero, S. 2013.** Avances en el conocimiento de la sarcocistiosis en llamas de la puna jujeña mediante el desarrollo de herramientas biotecnológicas y el trabajo interactivo con comunidades locales. Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes - Argentina.
- Sam, R.E. 1988.** *Sarcocystis aucheniae*. Caracterización parcial de componentes antigénicos y Patología clínica experimental en alpacas. Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias Biológicas. P. 118. Univ. Nac. Mayor de San Marcos, Lima-Perú.
- Torres J, Bover M, García J. 1981.** Avance en el estudio del ciclo biológico de *Sarcocystis aucheniae*. Avance Veterinario UNICA, Chíncha. 1(1):37-40.
- Vilca, M. 1991.** Producción, tecnología e higiene de la carne. En: Fernández-Baca S. (ed) Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos. FAO 429p.
- Viscarra, R; Rushton, J; González, A; López, T. 2003.** Validación de la prueba serológica ELISA para sarcocistiosis en llamas del altiplano boliviano. 10th

International Symposium on Veterinary Epidemiology and Economics, Viña del Mar, Chile.

Wiser, M. F. 2004. Apicomplexa. Tulane University School of Public Health.
<http://www.tulane.edu/%7Ewiser/protozoology/notes/api.html>

Zacarías, F; Sam, R; Ramos, D; Lucas, O; Lucas, J. 2013. Técnicas de aislamiento y purificación de ooquistes de *Sarcocystis aucheniae* a partir de intestino delgado de perros experimentalmente infectados. Rev. investig. vet. Perú vol.24 no.3 Lima- Perú.